

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-021312

(43)Date of publication of application : 29.01.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/027 G03F 7/20

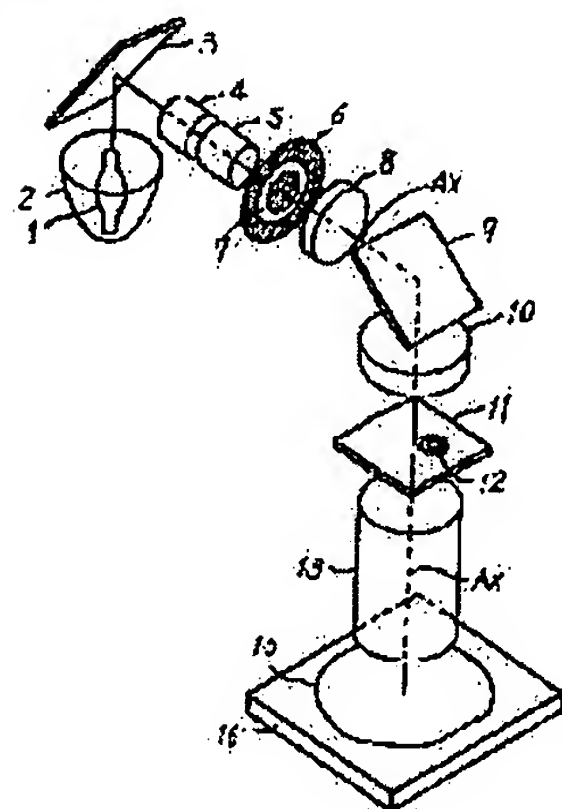
(21)Application number : 03-176306

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 17.07.1991

(72)Inventor : SHIRAISHI NAOMASA
HIRUKAWA SHIGERU

(54) EXPOSURE METHOD AND ALIGNER



(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method and a device for exposure having large focus depth at higher resolution than a conventional one especially for a hole pattern by using a reticle and an aligner whose constitution is similar to a conventional one.

CONSTITUTION: A hole pattern and a circular auxiliary pattern which almost encloses the hole pattern are provided to a reticle 11. The reticle 11 including the patterns 12 is illuminated by illumination beam which is limited to a ring band shape by a light screening board 6 provided to a surface or to the inside of a surface thereabout which becomes a Fourier transformation surface of a pattern surface of the reticle 11. Thereby, it is possible to provide ring band- like light amount distribution to a pupil surface of projection optical system without providing a filter, etc., in projection optical system and to prevent deterioration of imaging characteristics due to heating of a filter, etc.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-21312

(43)公開日 平成5年(1993)1月29日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 2 1	7818-2H		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 L
		7352-4M		3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数5(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-176306

(22)出願日 平成3年(1991)7月17日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 白石 直正

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式

会社ニコン大井製作所内

(72)発明者 蛭川 茂

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式

会社ニコン大井製作所内

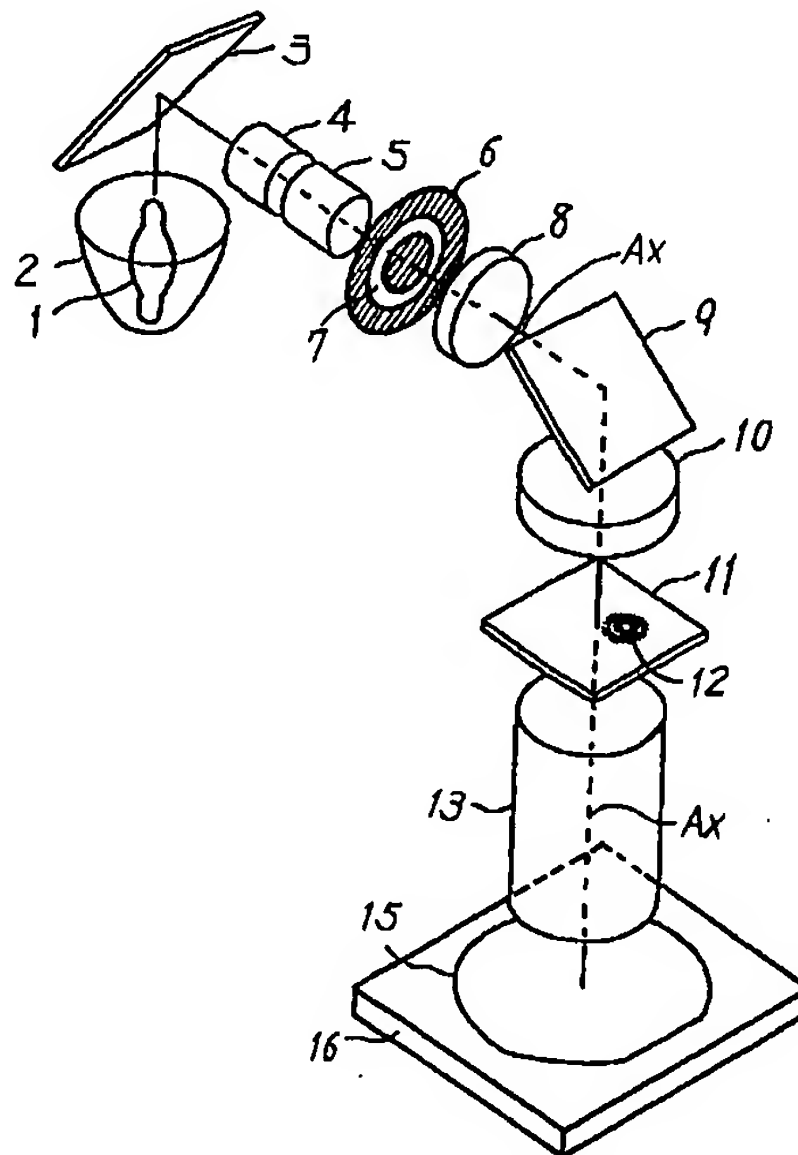
(54)【発明の名称】 露光方法及び露光装置

(57)【要約】

【目的】 従来と同様の構成のレチクル、及び露光装置を使用して、特にホールパターンについて従来より高解像度で焦点深度の大きな露光方法、及び装置を提供する。

【構成】 レチクル11にはホールパターン12a、及びホールパターン12aをほぼ包囲するような環状の補助パターン12bが設けられている。これらのパターン12を含むレチクル11を、レチクル11のパターン面のフーリエ変換面となる照明光学系の面、若しくはその近傍の面内に設けられた遮光板6で輪帯状に制限された照明光束で照明する。

【効果】 投影光学系中にフィルター等を設けることなく、投影光学系の瞳面に輪帯状の光量分布を与えることができ、フィルター等の加熱による結像特性の劣化を防ぐことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクに形成された微細パターン群を感光基板に結像投影するための投影光学系と、光源からの照明光を前記マスクにほぼ一様に照射するための照明光学系とを備えた露光装置を用いて前記微細パターン群を露光する方法において、
前記微細パターン群中の少なくとも1つの微細パターンは、円形状の第1のパターンと、該第1のパターンをほぼ囲み、且つ該第1のパターンとほぼ同心円となる環状の第2のパターンとで構成されるとともに、該第2のパターンの径方向の幅が前記投影光学系の解像限界程度、若しくはそれ以下に定められ、
前記マスクのパターン面とほぼフーリエ変換の関係となる前記照明光学系内の面、若しくはその近傍の面を通して前記光源からの照明光を、前記照明光学系の光軸をほぼ中心とする輪帯状の部分領域に制限することによって、前記マスクを照射する照明光を前記投影光学系のマスク側の開口数に応じた角度で傾けたことを特徴とする露光方法。

【請求項2】 前記微細パターン群中の少なくとも1つの微細パターンは、前記照明光の波長を λ 、前記投影光学系のマスク側の開口数を NA_0 としたとき、前記第1のパターンの中心から前記第2のパターンの径方向の幅の中心までの距離を R_a とすれば、該距離 R_a がほぼ $3\lambda/4NA_0$ で与えられるものであることを特徴とする請求項1に記載の露光方法。

【請求項3】 前記微細パターン群中の少なくとも1つの微細パターンは、前記第2のパターンをほぼ囲み、且つ前記第2のパターンとほぼ同心円となる環状のパターンを少なくとも1つ含むとともに、該少なくとも1つの環状のパターンの径方向の各幅は前記投影光学系の解像限界程度以下に定められることを特徴とする請求項1、または2に記載の露光方法。

【請求項4】 前記微細パターン群を前記感光基板に露光する際に、前記投影光学系の結像面と前記感光基板とを光軸方向に相対的に移動、若しくは振動させることを特徴する請求項1、2、または3に記載の露光方法。

【請求項5】 マスクに形成された微細パターン群を感光基板に結像投影するための投影光学系と、光源からの照明光を前記マスクにほぼ一様に照射するための照明光学系とを備えた露光装置において、
前記微細パターン群中の少なくとも1つの微細パターンが、円形状の第1のパターンと、該第1のパターンをほぼ囲み、且つ該第1のパターンとほぼ同心円となる環状の第2のパターンとで構成され、該第2のパターンの径方向の幅が前記投影光学系の解像限界程度以下に定められたマスクを保持するマスク保持手段と、
前記マスクのパターン面とほぼフーリエ変換の関係となる前記照明光学系内の面、若しくはその近傍の面において、前記光源からの照明光を前記照明光学系の光軸をほ

ぼ中心とする輪帯状の部分領域に制限する制限部材とを備え、

前記照明光の波長を λ 、前記第1のパターンの中心から前記第2のパターンの径方向の幅の中心までの距離を R_a としたとき、前記照明光学系の光軸から前記輪帯状の部分領域の径方向の中心までの距離によって決まる照明光束の開口数 NA_1 をほぼ $2\lambda/3R_a$ に設定したことを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体集積回路、液晶表示素子等の回路パターンの露光転写技術に関し、特にホールパターンの形成技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子等の回路パターンの形成には、一般的にマスクやレチクルのパターンを試料基板上に露光転写する、いわゆるフォトリソグラフィ技術が使用される。ここでは感光性膜（レジスト層）が形成された試料基板上に、紫外線等の露光光をレチクルパターンを介して照射することによって、試料基板上にはレチクルパターンが写真的に転写されることになる。

【0003】近年、回路パターンの微細化と高集積化が進み、最近ではウェハ上での解像線幅が $0.4\sim 0.5\mu m$ 程度に達している。このため、フォトリソグラフィ工程ではレチクルパターンを高分解能でウェハ上に転写する装置として、現在ではレチクルパターンを投影光学系を介してウェハ上に縮小投影する露光装置、特にステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型投影露光装置（ステッパー）が主流となっている。この種のステッパーにおいてウェハ表面に形成可能なパターンのサイズは、露光光の波長を λ 、投影光学系の開口数を NA として、 $k\cdot\lambda/NA$ で決定される。ここで、 k はレジストの感光特性等により定まる定数であり、一般に 0.7 程度である。

【0004】現在、フォトリソグラフィ工程で使用されているステッパーにおける露光光の波長は $0.365\mu m$ であり、投影光学系の開口数（ NA ）は 0.5 程度である。従って、ウェハ上に転写可能な最小パターンサイズ（解像度）は $0.5\mu m$ 程度である。この解像度をさらに向上するには露光光の波長を短波長化するか、開口数をより大きくすればよいことになる。

【0005】また、従来の投影型露光装置においてレチクルパターンを照明する光束は、光量重心が投影光学系の光軸とほぼ一致するような光束で、所謂 σ 値（開口比）が 0.3 から 0.6 程度（即ち、投影光学系の瞳面で光軸近傍の領域に光量分布が存在する）であるものが一般的であった。これら従来の露光装置（開口数がさほど大きくない投影光学系を備えている）を使用してより細かいパターンを解像するために、所謂「位相シフト法」も提案されている。この位相シフト法をホールパターンの

転写露光に対して適用する場合、そのホールパターンはほぼ円形（四角形を含む）の透過パターンと、それを包囲するほぼ環状の位相シフターとから成るパターンを使用することとなる。

【0006】さらに、この位相シフト法以外にもホールパターンの外周に補助パターンを設ける方法が提案されている。しかしながらこの補助パターンは、四角形のホールパターンの転写像（ウェハ上の像）をより四角形に近づけるための整形手段であって、解像度向上の効果はない。つまり、四角形のホールパターンの頂点の近傍に補助パターンを設けることで、その転写像をより四角形に近づけるという効果を奏するものである。

【0007】一方、従来のレチクルパターンを使用して解像度、及び焦点深度を改善する方法も提案されている。これは、特開平2-166717号公報に示されているように、投影光学系の瞳面近傍に投影光学系の光軸近傍を通る光束を減光、又は遮光するためのフィルターを設けるというものである。このことにより、デフォーカスした際の波面収差を低減させることができ、投影光学系の焦点深度が大きくなる。

【0008】その他、集積回路の微細化に伴って回路表面の段差は次第に大きくなりつつある。この為、回路パターンの転写に際して焦点深度を増大させることは重要な要因となりつつある。そのため、例えば露光中にウェハ等を投影光学系の光軸方向に移動、又は振動せしめる方法（以下、累進焦点露光法と呼ぶ）が知られている。この方法により、特にホールパターンについて見かけの焦点深度を増大することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記の如き従来技術においては、以下のような問題点がある。つまり、露光光を短波長化すれば、これを透過する硝材の種類がきわめて少なくなるほか、安定した光源が得られない。また、投影光学系の開口数を大きくすると、焦点深度が著しく減少し、実用的でない。さらに現在、開口数は既に理論的な限界に近くこれ以上の向上は難しい。

【0010】位相シフト法については、製造の困難な位相シフトレチクルが必須であり、位相シフトレチクルについては未だ検査、修正の方法が確立されていない。仮に実用化されたとしてもその製造コストは通常レチクルの5倍程度となることが予想される。またその管理、特に異物等の付着の防止についての厳重な対策が必要となる。

【0011】一方、投影光学系の瞳面にフィルターを設ける方法では、投影光学系の光軸近傍を通る光束を遮光するため、露光エネルギーの大部分はこの遮光板によって吸収され、ウェハに到達する光量はきわめてわずかなる。即ち、露光エネルギーの損失が多いので、ウェハの露光に長時間を要することになり、スループットが低下する。また、この遮光板が光を吸収して発する熱は、

投影光学系中の他の光学部材を变形・変質させ、従ってその結像性能を悪化させるという問題もある。また現在主流であるスルー・ザ・レンズ・アライメント方式（投影光学系を介してウェハ上の位置合わせマークを検出して、位置合わせする方式）に対する制限が発生し、現実的な方法とは言えない。

【0012】その他、前述の累進焦点露光法には焦点深度の増大効果はあっても、それ自体では解像度向上の効果は原理的に望めない。本発明は上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、製造及び保守の容易なレチクル、及び露光装置を使用し、従来より高解像度で焦点深度の大きな回路パターン露光方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記問題点解決のため本発明では、マスク（11）に形成された微細パターン群を感光基板（15）に結像投影するための投影光学系（13）と、光源（1）からの照明光をマスク（11）にほぼ一様に照射するための照明光学系（1～10）とを備えた露光装置を用いて微細パターン群を露光する方法において、微細パターン群中の少なくとも1つの微細パターン（12）は、円形状の第1のパターン（12a）と、第1のパターン（12a）をほぼ囲み、且つ第1のパターン（12a）とほぼ同心円となる環状の第2のパターン（12b）とで構成されるとともに、第2のパターン（12b）の径方向の幅が投影光学系（13）の解像限界程度、若しくはそれ以下に定められ、マスク（11）のパターン面とほぼフーリエ変換の関係となる照明光学系内の面、若しくはその近傍の面を通過する光源からの照明光を、照明光学系（1～10）の光軸（AX）をほぼ中心とする輪帯状の部分領域に制限することによって、マスクを照射する照明光を投影光学系のマスク側の開口数に応じた角度で傾けたこととする。

【0014】また、マスク（11）に形成された微細パターン群を感光基板（15）に結像投影するための投影光学系（13）と、光源（1）からの照明光をマスク（11）にほぼ一様に照射するための照明光学系（1～10）とを備えた露光装置において、微細パターン群中の少なくとも1つの微細パターン（12）が、円形状の第1のパターン（12a）と、第1のパターン（12a）をほぼ囲み、且つ第1のパターン（12a）とほぼ同心円となる環状の第2のパターン（12b）とで構成され、第2のパターン（12b）の径方向の幅が投影光学系（13）の解像限界程度以下に定められたマスクを保持するマスク保持手段（）と、マスク（11）のパターン面とほぼフーリエ変換の関係となる照明光学系内の面、若しくはその近傍の面において、光源からの照明光を照明光学系（1～10）の光軸（AX）をほぼ中心とする輪帯状の部分領域（7）に制限する制限部材（6）とを備え、照明光の波長を λ 、第1のパターン（12

a) の中心から第2のパターン(12b)の径方向の幅の中心までの距離を R_a としたとき、照明光学系の光軸(A_X)から輪帯状の部分領域(7)の径方向の中心までの距離 NA_1 をほぼ $2\lambda/3R_a$ に設定したこととする。

【0015】

【作用】本発明では、ほぼ円形のパターンと、これを包囲するような環状のパターンとを設けた複合パターンに対して、レチクルのパターン面のフーリエ面となる照明光学系の面(以下、照明光学系の瞳面と呼ぶ)において輪帯状に制限された光束で照明を行なうので、そのパターンからの回折光は投影光学系の瞳面でほぼ輪帯状の光量分布を有することとなる。これは投影光学系の瞳面で光軸近傍を透過する光の透過率を低下させるフィルターを設ける場合と結果的に等しい。しかしながら、投影光学系の瞳面近傍にフィルターを設けてはいないので、従来のようなフィルターの吸熱による結像特性の劣化が生じることはない。従ってウェハ上のパターン像の解像度は向上し、且つ焦点深度は増大することになる。

【0016】また、露光中にウェハを光軸方向に移動又は振動することにより、焦点深度はさらに増大する。

【0017】

【実施例】図1は本発明の実施例による投影型露光装置の概略的な構成を表す図である。水銀ランプ等の光源1から発生した照明光束は、楕円鏡2、反射鏡3で反射され、レンズ系4を介してフライアイレンズ等のオブチカルインテグレータ5に入射する。オブチカルインテグレータ5を射出した光束は、レチクル11上のパターン12のフーリエ変換面近傍に配置された遮光板6の位置に実質的な光源(2次光源)を形成する。遮光板6には輪帯状の透光部7が設けられており、光束を輪帯状に制限する。この透光部7は照明光学系の光軸A_Xを中心とするほぼ円形のものであってもよいし、例えば正多角形等、円形に近い他の形状のものであってもよい。また、遮光板6は透明基板にクロム等の金属を蒸着し、この金属を環状に除去した部分を透光部7とすればよい。或いは遮光性の金属板を透光部7の形状にくり抜いたものとしてもよく、この場合、透光部7は完全な輪帯ではなく、中央の円形状の遮光部を支持するための支持部(遮光部)を部分的に有することとなる。尚、この支持部を微小なものとすれば、本発明の効果を損なうことではない。

【0018】遮光板6で輪帯状に制限された光束、即ち2次光源からの光束は、レンズ系8、10及び反射鏡9を介してレチクル11をほぼ均一に照明する。レチクル11上には、後述の複合パターン12が周期的に描画されていてよいし、複合パターン12とともに、他のラインアンドスペースパターン等が混在しているものであっても構わない。この複合パターンはほぼ円形の第1パターンと、この第1パターンをほぼ包囲するほぼ環状の

第2パターンとから成る。また第2パターンの径方向の幅は投影光学系13の理論的な解像限界程度、若しくはそれ以下とする。この複合パターン12より発生する回折光は投影光学系13で集光され、ウェハ15上に複合パターン12の像を結像する。尚、ウェハ15は光軸A_X方向に駆動可能なステージ16上に保持されており、ウェハ15の露光中にこのステージ16を光軸A_X方向に駆動することによって、ウェハ15を光軸A_X方向に移動、又は振動させることが可能である。

【0019】上記の構成において、光源1と遮光板6とは互いに共役であり、またレチクル11のパターン面とウェハ15の転写面とは互いに共役である。図2は、本発明の実施例による投影露光装置に使用されるレチクル上の複合パターンの例を示す図である。斜線で表した部分はクロム等で形成された遮光部12dであり、直径 R_1 の円内は透過部(第1パターン)12aとなっており、この透過部12aの周囲には、ほぼ同心円の環状透過部(第2パターン)12bが形成されている。環状透過部12bの内径は R_2 であり、外径は R_3 であるとする。ここで、環状透過部12bの幅、即ち $(R_3 - R_2)/2$ は、投影光学系の解像限界程度以下とする。

【0020】上記のような複合パターン12a、12bに対して主光線が垂直な光束(即ち、従来の照明方法による光束)が入射した場合、パターンから発生する回折光は、投影光学系の瞳面において図3にA₁で示すような振幅-角度分布を示す。図3の横軸は回折光の回折角 θ の正弦であり、縦軸は回折光の振幅を表す。この振幅分布A₁は、図2に示すようなレチクル上のパターンにおいて $R_1 = 0.35 \mu\text{m}$ 、 $R_2 = 0.80 \mu\text{m}$ 、 $R_3 = 1.00 \mu\text{m}$ で、且つこのパターンを照明する光の波長はi線($0.365 \mu\text{m}$)とし、さらに投影倍率が等倍の場合を表す。またこの振幅分布A₁は、複合パターンが円形(回転対称)であるため、照明光の方向(回折角 θ が0の方向)に対して回転対称な分布を持つ。さらに振幅分布は、中心(0次回折光の発生する方向であり、回折角の正弦、即ち $\sin \theta$ が0近傍の領域D₀)と、周辺(1次回折光の発生する方向であり、 $\sin \theta$ が0.9近傍の領域D₁)とに2つの極大を持つ。この2つの極大は、図2に示す複合パターンのうち特に環状透過部12bによって生じるものである。

【0021】尚、比較のため、従来使用されていたホールパターン(図2に示すパターンの環状透過部12bが設けられていない、即ち円形の透過部12aのみから成るホールパターン)の例を図7に、またこのホールパターンに対して垂直な主光線を持つ光束が入射した場合の回折光の投影光学系の瞳面における振幅-角度分布を図8に示す。この振幅分布A₂は、図3に示した振幅分布A₁と同様、図7に示すホールパターン12cの直径 R_1 を $0.35 \mu\text{m}$ とし、照明光の波長をi線($0.365 \mu\text{m}$)とした。

【0022】図3と図8とを比較すると、本発明の実施例に用いられるパターン（複合パターン）の方は、発生する回折光が特定の方向（即ち、グラフ上では特に回折角 θ の正弦が0～0.2の範囲、及び0.8から1.0の範囲）に集中していることがわかる。次に、図2に示すような本発明の実施例に用いられる複合パターンに対して、輪帯状に制限された2次光源からの照明光を照射した場合の投影光学系の瞳面における回折光の強度分布の存在する領域について図4を参照して説明する。

【0023】図4（I）は、遮光板6の位置で輪帯状に制限された2次光源の投影光学系の瞳面14における像を表す図である。この像IE（2重斜線部）は、レチクル上のパターンが無地（全面が透過部）である場合に瞳面14上で強度分布が存在する領域でもある。この輪帯状の2次光源からの照明光で図2に示すような複合パターンを照明した場合に発生する回折光の投影光学系の瞳面14上での強度分布の領域を図4（A）～（D）に示す。

【0024】図4（A）は、2次光源のうち図4（I）中の破線部aに対応する位置からの光束を図2に示すようなパターンに照射した場合に生じる回折光の投影光学系の瞳面での強度分布の存在する領域を表す図である。このうち領域 a_0 は0次回折光の強度分布であり、図3に示す振幅-角度分布 A_1 における領域D₁に相当している。また領域 a_1 は1次回折光の強度分布であり、同じく領域D₁に相当する。前述のとおり、複合パターンからの回折光は、照明光の入射方向（0次回折光の発生する方向）について回転対称な方向に発生する。従って、図4（A）に示すとおり破線部aに対応する位置からの光束による回折光の強度分布の存在する領域も、領域 a_0 を中心に回転対称に領域 a_1 が分布する。尚、投影光学系の瞳面14より外側は投影光学系を透過しないので図4（A）中では破線で示した。同様に、図4（B）、（C）、（D）は図4（I）に示す破線部b、c、dに対応する位置からの光についての回折光の強度分布の存在する領域を表す。各図において領域 b_0 、 c_0 、 d_0 は領域 a_0 と同様、図3中の領域D₁に、また領域 b_1 、 c_1 、 d_1 は領域 a_1 と同様、領域D₁に相当する。さらに、領域 b_1 、 c_1 、 d_1 は夫々領域 b_0 、 c_0 、 d_0 を中心として回転対称である。

【0025】以上のことから、図4（A）、（B）、（C）、（D）のいずれにおいても、投影光学系の瞳面では、光軸AX近傍に回折光の強度分布が存在しないことがわかる。これは、照明光学系の瞳面、即ちレチクルに対してフーリエ変換の関係になる面で強度分布を輪帯状に制限された照明光束によって図2に示すような環状の補助パターン12bを照明することによる効果である。

【0026】図4においては、輪帯状の2次光源のうち図4（I）に示す4つの領域a、b、c、dに相当する

位置からの光束のみに着目したが、実際にはこの4領域以外からの照明光も複合パターンを照明する。これらの照明光全体が複合パターンに照明された場合の投影光学系の瞳面14における回折光の強度分布の存在する領域を図5に示す。領域DE（2重斜線部）は光軸AXについて回転対称であり、且つ、光軸AX近傍には回折光の強度分布は殆ど存在しない。つまり、上記の構成によって、従来の技術のように投影光学系の瞳面に光軸近傍の光の透過率を下げる目的の遮光フィルターを設けることと実質的に同等の効果が得られる。また、このときの複合パターン12のウェハ15上での像の強度分布は、図6に示す実線1₁のようになる。尚、本発明の実施例による投影型露光装置で使用する投影光学系と同一の投影光学系を使用し、 σ 値が0.5程度の従来の技術による照明光（レチクルに対して垂直な主光線を持った光束）で図7に示すような従来のレチクルパターンを照明した場合、その投影像の強度分布は図6に破線1₂で示すようなものとなる。以上のことから、本発明によって解像度（パターン像の径）が微細化することは明らかである。

【0027】ここで、本発明の実施例によって焦点深度が増大する理由について説明する。一般に、無収差結像光学系においては、物体上（レチクルパターン上）の1点と、その最良結像面の像点との光路長はどのような光路を通っても等しくなる。しかし像点が最良結像面から光軸方向に位置ずれした場合（デフォーカスした場合）、前述の光路長はその光路により異なってくる。投影光学系の瞳面において、光軸と一致した位置を通過する光路を基準（＝0）とすると、光軸から距離 r の位置を通過する光路の光路長は、 $\Delta F r^2$ に比例する（ ΔF ：デフォーカス量）。従って、例えば光路が瞳面全面に分布する場合（即ち、回折光が瞳面全面に分布する場合）の光路長は、

最大： $k \Delta F r_{\max}^2$ （ k は比例定数、 r_{\max} は瞳面の半径）

最小： $k \Delta F r_{\min}^2 = 0$ （ $\because r_{\min} = 0$ ）

となり、従ってその差（波面収差）は $k \Delta F r_{\max}^2$ となる。つまり従来の技術においては、回折光は瞳面14のほぼ全面にほぼ一様に広がるため、その波面収差量は $k \Delta F r_{\max}^2$ となる。

【0028】一方、本発明の実施例による露光装置を使用した場合、その光路長は、

最大： $k \Delta F r_{\max}^2$

最小： $k \Delta F r_i^2$ （ r_i は瞳面上での輪帯状光源像の内半径）

となる。よってその差（波面収差）は、 $k \Delta F (r_{\max}^2 - r_i^2)$ となり、従来の波面収差 $k \Delta F r_{\max}^2$ よりも小さくなる。即ち、同じデフォーカス量 ΔF においても、従来より少ない波面収差となり、像のボケは少なくなる。逆に従来と同じ波面収差（像劣化の程度）を許容するならデフォーカス量 ΔF は大きくなってよいこ

とになり、この結果、焦点深度が増大する。

【0029】次に本発明の実施例による露光装置に使用する遮光板、及び複合パターンの大きさの決定方法について説明する。まず複合パターンの大きさについてであるが、これは、使用する投影光学系の開口数に応じて決定する。いま、図2における円形透過部12aの中心から環状透過部12bの径方向の幅の中心までの距離を R_a とし、露光光の波長を λ とすると、投影光学系の瞳面において、0次回折光が通過する位置から1次回折光が通過する位置までの距離 β （回折角を θ とすると $\beta = s \sin \theta$ ）は、

$$\beta \approx 1.1 \times \lambda / R_a$$

で表せる。

【0030】本発明の場合、この距離 β は投影光学系のレチクル側開口数 NA_r の2倍に等しければよいことになるが、実際には回折光は若干の広がりを持っており、この回折光を損失無く透過させるには、 $2 \times NA_r$ が β より3～4割程度大きいことが望ましい。即ち、

$$\begin{aligned} 2 \times NA_r &\approx 1.35 \times \beta \\ &= 1.35 \times 1.1 \times \lambda / R_a \end{aligned}$$

$$\therefore NA_r \approx 3 \lambda / 4 R_a$$

となる。

【0031】よって、前述の距離 R_a は、

$$R_a \approx 3 \lambda / 4 NA_r$$

に設定すればよい。さらに、環状透過部12bの幅は投影光学系の解像限界程度以下となるように定める。

【0032】この環状透過部12bは1つだけ設けることに限定されず、その外周にこれをほぼ包囲するような第3、第4、若しくはそれ以上のパターンを設けてもよい。このとき、それら各パターンは夫々ほぼ環状とし、且つその径方向の幅は、投影光学系の解像限界程度以下とする。また、これら隣合うパターン同志の間隔は、先の R_a 程度に設定すればよい。因みにこれらの第 n パターンを設けると、これらのパターンから発生する回折光の振幅-角度分布は図3に示す分布 A_1 に比べて領域 D 。及び D_1 への集中度が向上し、従って焦点深度の向上効果がより大きくなる。

【0033】以上、複合パターンの大きさの決定法について説明したが、上記のパターンは第1のパターン、及び第2のパターンのいずれも透過部であるとした。このような複合パターンを使用し、且つウェハ上のフォトリソがポジ型である場合、フォトリソには所謂ホールパターン（フォトリソが微小円形に除去されたもの）が形成される。しかし複合パターンはこれに限定されるものでなく、第1、及び第2のパターンがいずれも遮光部で形成されたものであっても構わない。

【0034】また、複合パターンを構成する各パターンは必ずしも円形である必要はなく、例えば正八角形等、円形に近い形状の多角形であっても本発明の効果は同様に得られる。さらに、各パターンが四角形であってもほ

ば同様の効果が得られる。次に、照明光を輪帯状に制限する遮光板の透過部の決定方法について説明する。これは、図4で説明した通り、輪帯状の2次光源の任意の1点から生じた光束がパターンを照明することによって生じた0次回折光 D_0 と1次回折光 D_1 とが投影光学系の瞳面14において、光軸AXからほぼ等距離の位置を通るように決定すればよい。前述の複合パターンに対してこの条件を満たすには、照明光束の開口数を NA_i として、この開口数 NA_i が前述の距離 β のほぼ $1/2$ となるように、遮光板の輪帯状の透過部の中心から径方向の幅の中心までの距離を決めればよい。しかしながら、投影像の焦点深度を向上する等の目的から、実際には距離 β に対して2割程度大きく設定した方が望ましい。即ち、

$$\begin{aligned} NA_i &\approx 0.5 \times 1.2 \times \beta \\ &= 0.6 \times 1.1 \times \lambda / R_a \\ &= 2 \lambda / 3 R_a \end{aligned}$$

となるように、遮光板の輪帯状の透過部の中心から径方向の幅の中心までの距離を設定すればよい。

【0035】また、この輪帯状の透光部7の幅は適当な値に設定すればよいが、幅が狭すぎると露光パワーが低下し、また照明ムラを均一化することが困難となる。反対に幅が広すぎると本発明の効果が低減する。以上に述べた実施例に加えて前述の累進焦点露光法を併用すれば、投影像の焦点深度をさらに増大させることも可能である。また、ウェハステージ16の位置を光軸AX方向に異ならせた数点でレチクルパターンの像を多重露光しても同様の効果が得られる。

【0036】上記の実施例では、照明光学系中のフーリエ変換面、若しくはその近傍に配置された制限部材として輪帯状の透過部を有する遮光板を用いたが、輪帯状の2次光源部のみに照明光を集中する光学部材、例えばドーナツ状の非球面レンズを設ければ、照明光学系内の光量損失を低減できる。また、照明光学系中のフーリエ変換面に輪帯状の射出断面形状で束ねたオプチカルファイバーを設け、その入射断面側にフライアイレンズ等で一樣化された光束を入射させるようにしてもよい。

【0037】

【発明の効果】以上のように請求項1、及び請求項2に記載の発明によれば、従来の技術のように投影光学系の瞳面にその中心部の透過率を下げる遮光フィルターを設けると全く同様の効果、即ち、解像度向上及び焦点深度の増大の効果がある。しかも本発明においては、投影光学系の瞳面における光量分布は、輪帯状の2次光源とマスク上の複合パターンとによって形成され、投影光学系の瞳面への遮光板の追加は不要である。このため照明光量の大幅な損失や、照明光を遮光板が吸収することによる発熱で投影光学系の結像特性が劣化することが全くない。

【0038】即ち、通常の透過部と遮光部とから成るマ

スクを使用し、通常の投影光学系を有する投影型露光装置を使用しても、従来より高解像度で焦点深度の大きな回路パターン露光方法が実現できる。また、本発明による構成の装置を用いて感光基板の位置合わせのために投影光学系を介して感光基板上のアライメントマークを検出する際にも、投影光学系内に光路を遮るものが無いため、マーク検出時の照明光やマークからの戻り光が制限されないという利点もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による投影型露光装置の概略的な構成を表す図

【図2】本発明の実施例による投影型露光装置に使用するレチクル上のパターンの例を示す図

【図3】図2に示すようなパターンに従来の照明方法による光束を照射した場合にパターンから生じる回折光の振幅分布を表す図

【図4】図2に示すようなパターンに輪帯状の光源からの光束を照射した場合にパターンから生じる回折光の投影光学系の瞳面での強度分布の存在する領域を説明する図

*20

*【図5】図2に示すようなパターンに輪帯状の光源からの光束を照射した場合にパターンから生じる回折光の投影光学系の瞳面での強度分布の存在する領域を表す図

【図6】図2に示すようなパターンを本発明の実施例による露光方法で照明した場合にウェハ上に生じる像の強度分布を表す図

【図7】従来のレチクルのパターンの例を表す図

【図8】従来のレチクルのパターンに従来の照明方法による光束を照射した場合にパターンから生じる回折光の振幅分布を表す図

【符号の説明】

6 遮光板

7 透光部

11 レチクル

12 パターン

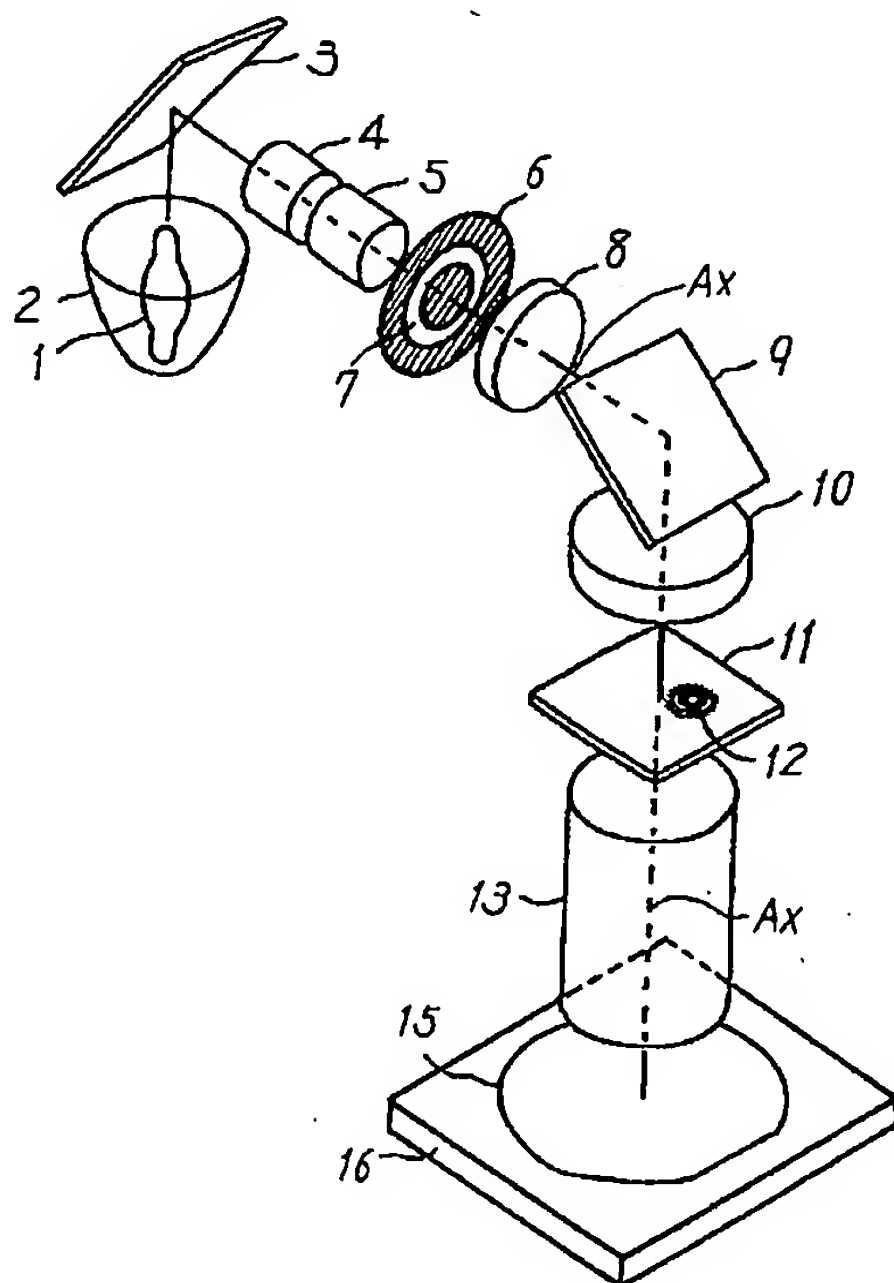
A₁ 振幅-角度分布

A₂ 振幅-角度分布

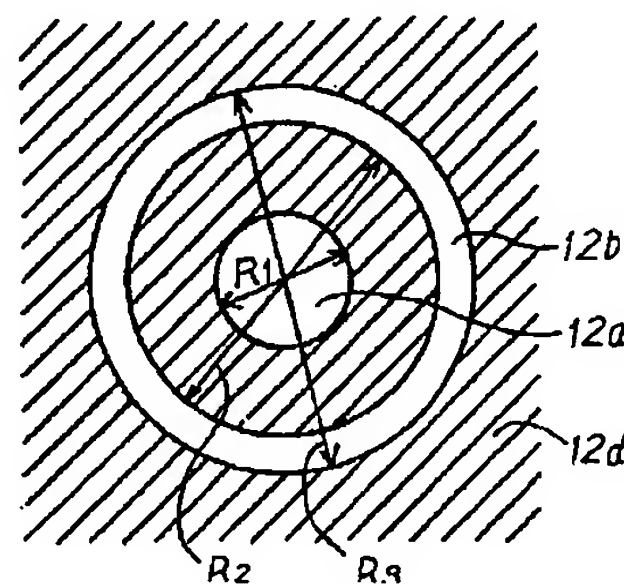
I₁ 投影像の強度分布

I₂ 投影像の強度分布

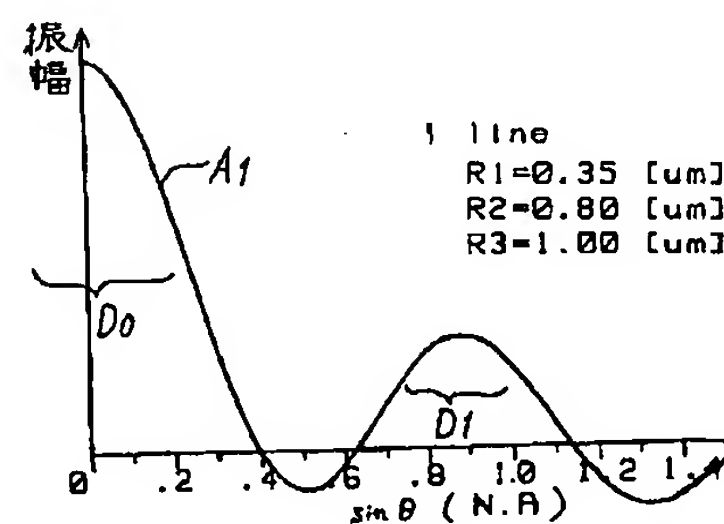
【図1】



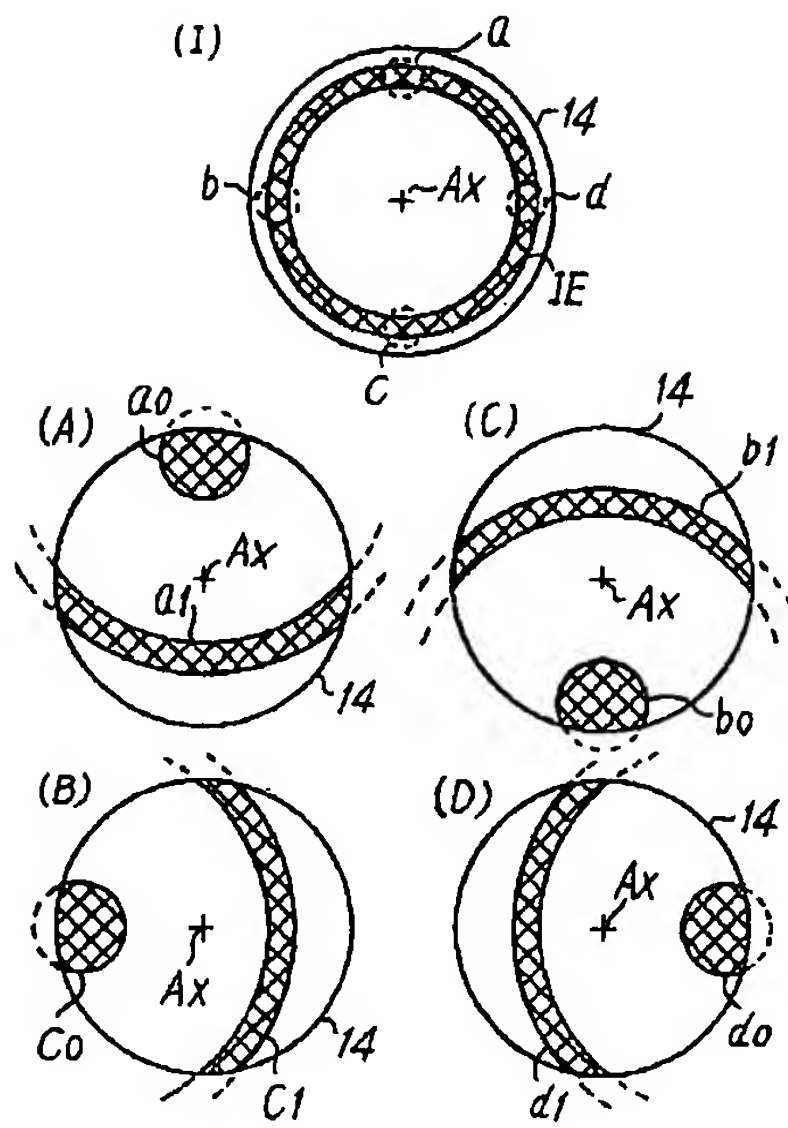
【図2】



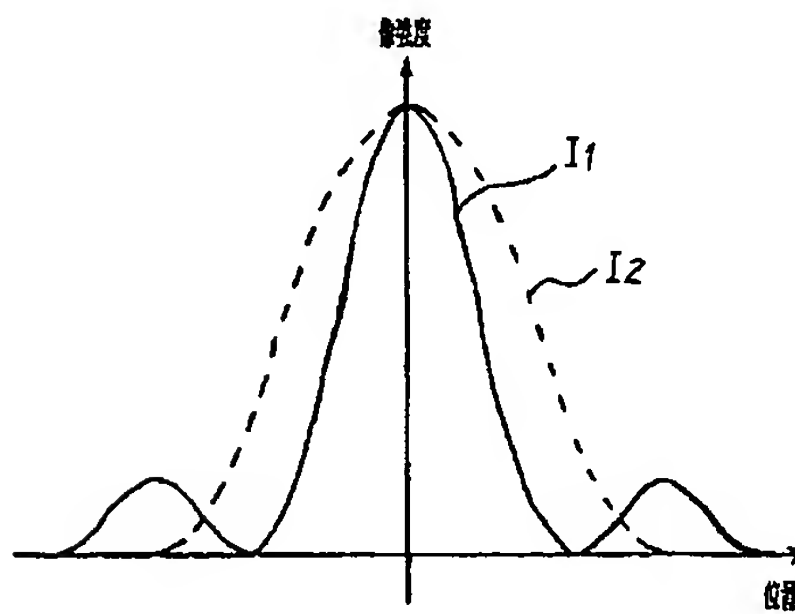
【図3】



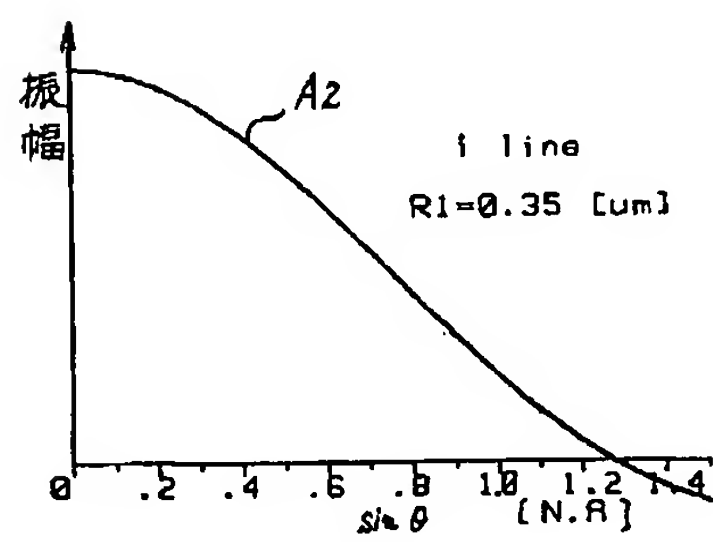
【図4】



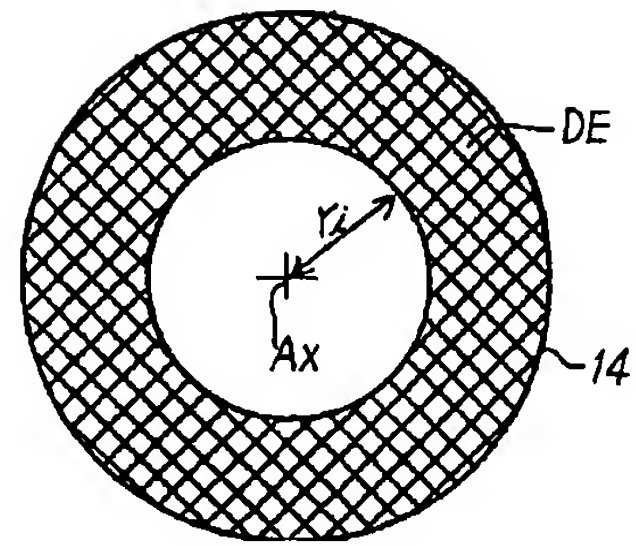
【図6】



【図8】



【図5】



【図7】

